

# Circuit arrangement for driving a DC machine with a plurality of DC controllers

**Patent number:** DE3717481  
**Publication date:** 1988-12-01  
**Inventor:** KAHLEN HANS PROF DR (DE)  
**Applicant:** ASEA BROWN BOVERI (DE)  
**Classification:**  
- international: H02P7/29; B60L9/04  
- european: B60L9/04, B60L11/18E, H02P7/29  
**Application number:** DE19873717481 19870523  
**Priority number(s):** DE19873717481 19870523

## Abstract of DE3717481

The proposed drive circuit with a DC motor and a multi-pulse DC controller is suitable for electrical road vehicles, electrical industrial conveyor vehicles and electrical railway vehicles. In order to achieve a uniform load on the mains power supply while using a multi-pulse controller mode, but without any additional smoothing inductors or drainage coils, it is provided for the number of pulses (n) of the multi-pulse DC controller to be selected to be equal to the number of pole pairs (p) of the DC machine (M), a subcontroller of the multi-pulse controller system being assigned to each pole pair of the DC machine. For this purpose, the DC machine, including its windings through which the armature current flows, such as field windings (6, 7), compensation windings and commutating windings (interpole windings, commutating-field windings, compole windings) (8, 9, 10, 11) is split in pairs of poles into machine elements each having an associated DC controller (12, 13). The commutating windings (8, 9, 10, 11) are connected to the commutator brush connections (2, 3, 4, 5).

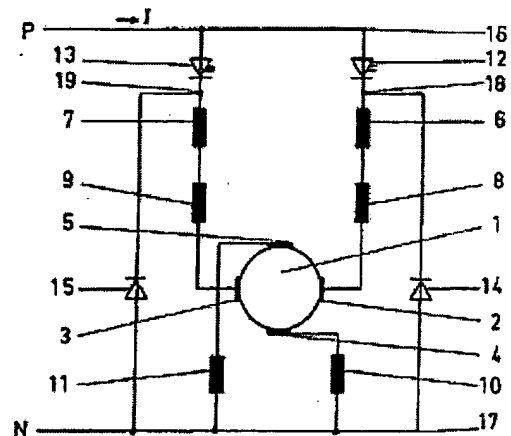


Fig 1



②① Aktenzeichen: P 37 17 481.9  
②② Anmeldetag: 23. 5. 87  
④③ Offenlegungstag: 1. 12. 88

Patentamt  
Mannheim

⑦① Anmelder:  
Asea Brown Boveri AG, 6800 Mannheim, DE

⑦② Erfinder:  
Kahlen, Hans, Prof. Dr., 6750 Kaiserslautern, DE

⑤④ Schaltungsanordnung zum Antrieb einer Gleichstrommaschine mit mehreren Gleichstromstellern

Die vorgeschlagene Antriebsschaltung mit Gleichstrommotor und Mehrpulsleichstromsteller eignet sich für Elektrostraßenfahrzeuge, Elektroflurförderfahrzeuge und Elektro-Schienenfahrzeuge. Um eine gleichmäßige Netzbelastung unter Einsatz eines Mehrpulsstellerbetriebes, jedoch ohne zusätzliche Glättungsdrosseln oder Saugdrosseln zu erzielen, ist vorgesehen, die Pulszahl ( $n$ ) des Mehrpulsleichstromstellers gleich der Polpaarzahl ( $p$ ) der Gleichstrommaschine ( $M$ ) zu wählen, wobei jedem Polpaar der Gleichstrommaschine ein Teilsteller des Mehrpulsstellersystems zugeordnet ist. Die Gleichstrommaschine ist hierzu polpaarweise einschließlich ihrer vom Ankerstrom durchflossenen Wicklungen, wie Feldwicklungen (6, 7), Kompensationswicklungen und Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) in Teilmaschinen mit je einem zugeordneten Gleichstromsteller (12, 13) aufgeteilt. Die Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) sind mit den Kollektorbürstenanschlüssen (2, 3, 4, 5) verbunden.

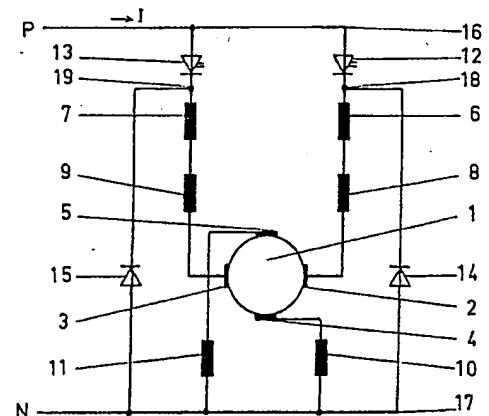


Fig 1

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Antrieb einer Gleichstrommaschine mit mehreren Gleichstromstellern aus einem Gleichspannungsnetz, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichstrommaschine ( $M$ ) polpaarweise einschließlich ihrer vom Ankerstrom durchflossenen Wicklungen (6, 7, 8, 9, 10, 11) aufgeteilt ist, wobei jeder hierdurch entstehenden Teilmaschine ein Gleichstromsteller (12, 13) zugeordnet ist, so daß die Pulszahl ( $n$ ) des Mehrpulsleichstromstellers gleich der Polpaarzahl ( $p$ ) der Gleichstrommaschine ( $M$ ) ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) der Gleichstrommaschine ( $M$ ) mit einem Wicklungsende mit den Kollektorbürstenanschlüssen (2, 3, 4, 5) verbunden sind.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 bei Ausführung der Gleichstrommaschine als Reihenschlußmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils die freien Wicklungsenden der Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) der zufließenden Ströme in Reihe mit benachbarten Feldwicklungen (6, 7) geschaltet und an einen Gleichstromsteller (12, 13) angeschlossen sind.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte Kompensationswicklungen ebenfalls in Reihe mit den Feldwicklungen (6, 7) und Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) geschaltet sind.
5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die freien Wicklungsenden der Wendepolwicklungen (8, 9, 10, 11) der abfließenden Ströme miteinander verbunden und an den Minuspol (17) der Versorgungsspannung geschaltet sind.
6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Gleichstrommaschinen ( $M$ ) mit gerader Polpaarzahl ( $p = 2z$ ,  $z = 1, 2, 3 \dots$ ) jeweils Zweipulsleichstromsteller (Anzahl  $z$ ) mit gemeinsamer Löscheinrichtung eingesetzt sind.
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Gleichstrommaschinen ( $M$ ) mit ungerader Polpaarzahl ( $p = 2z + 1$ ,  $z = 1, 2, 3 \dots$ ) ein Einpulsleichstromsteller sowie im übrigen Zweipulsleichstromsteller (Anzahl  $z$ ) mit gemeinsamer Löscheinrichtung eingesetzt werden.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zum Antrieb einer Gleichstrommaschine mit mehreren Gleichstromstellern gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine solche Schaltungsanordnung zum Antrieb einer Gleichstrommaschine mit mehreren Gleichstromstellern (Mehrpulsleichstromsteller) ist aus der ETZ-A, Bd. 93, (1972), Heft 10, Seiten 556 bis 559 bekannt. Dort wird ein Zweipuls-Gleichstromsteller mit gemeinsamer Löscheinrichtung vorgeschlagen, bei dem die Anteile der Grund- und Oberschwingungen stark herabgesetzt sind. Jede Polarität des Kommutierungskondensators der Löscheinrichtung wird zur Löschung eines Teilstellers genutzt. Mit dem Löschvorgang wird der Kondensator auf die entgegengesetzte Polarität aufgeladen, so

daß Umschwingschaltungen entfallen. Die Kommutierungsschaltung muß nur auf den halben Laststrom ausgelegt werden.

Elektrostraßenfahrzeuge und Elektroflurförderfahrzeuge beziehen ihre Energie aus einer mitgeführten Batterie, deren Leistungsfähigkeit begrenzt ist. Schienenfahrzeuge werden aus einer Oberleitung gespeist, die an Unterwerken mit Gleichrichterstationen angeschlossen sind. Die für einen Gleichstromantrieb verwendeten Stellglieder müssen einen guten Wirkungsgrad haben. Bei den allgemein verwendeten Gleichstromstellern ist im Idealfall der Mittelwert der Ausgangsleistung gleich dem Mittelwert der Eingangsleistung. Dabei werden jedoch Spannungsquelle und Schaltelemente mit dem Effektivwert des Stromes belastet. Bei begrenzter Leistungsfähigkeit der Spannungsquelle, wie Batterie mit Innenwiderstand oder Fahrdrat mit Leitungswiderstand, weicht der Gleichstromstellerbetrieb erheblich vom Idealbetrieb ab. Nur mit entsprechend dimensionierten Eingangsfiltern und Glättungsdrosseln im Lastkreis kann die Idealbelastung hergestellt werden.

Mehrpulsleichstromsteller erzwingen eine gleichmäßigere Netzbelastung und erhöhen damit den Wirkungsgrad der Spannungsquelle. Ein Eingangsfilter kann mit geringerem Aufwand hergestellt werden oder ganz entfallen. Die Glättungsdrossel im Lastkreis kann nur aufgrund des Mehrpulsbetriebs nicht kleiner ausgelegt werden. Dies wird jedoch mit einer auf den Gleichstromstellerbetrieb abgestimmten Saugdrossel erreicht.

Im Mehrpulsstellerbetrieb werden alle Teilsteller  $n$  um den Steuerwinkel  $2\pi/n$  versetzt angesteuert. Bei Gleichstromstellern mit Zwangskommutierung kann unter bestimmten Voraussetzungen eine Löscheinrichtung zur Kommutierung eines jeden Teilstellers benutzt werden. Besonders vorteilhaft sind dazu Zweipuls-Gleichstromsteller mit einer gemeinsamen Löscheinrichtung in Brückenschaltung (siehe ETZ-A, Bd. 93, (1972), Heft 10, Seiten 556 bis 559).

Der Erfindung liegt hiervon ausgehend die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Antrieb einer Gleichstrommaschine mit mehreren Gleichstromstellern der eingangs genannten Art anzugeben, bei der ohne zusätzliche Glättungsdrosseln oder Saugdrosseln ein Mehrpulsstellerbetrieb möglich ist.

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffes erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß jedem Polpaar der Gleichstrommaschine ein Teilsteller des Mehrpulsstellersystems zugeordnet wird, d. h. jedem Polpaar wird ein zugehöriger Teil der Wicklungen (Wendepolwicklungen, evtl. Kompensationswicklungen, wenn vorhanden, bei Reihenschlußmaschinen zusätzlich Feldwicklungen) zugeteilt und jedes so entstandene Teilsystem wird von einem eigenen Gleichstromsteller gespeist. Die Teilsteller werden um  $2\pi/n$  versetzt angesteuert ( $n$  = Pulszahl = Anzahl der Teilsteller).

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine prinzipielle Antriebsschaltung mit Mehrpulsleichstromsteller für eine vierpolige Gleichstrommaschine,

Fig. 2 eine Ausführung mit zwangskommutierten Thyristoren,

Fig. 3 einen Gleichstromsteller mit Löschrückenschaltung,

Fig. 4 eine Ausführung mit einem Zweipuls-Gleichstromsteller mit kombinierter Löscheinrichtung,

Fig. 5 eine Ausführung mit einem Zweipuls-Gleichstromsteller für eine fremderregte Gleichstrommaschine für den Fahr- und Bremsbetrieb mit Feldumkehr.

In Fig. 1 ist eine prinzipielle Antriebsschaltung mit Mehrpuls-Gleichstromsteller für eine vierpolige Gleichstrommaschine dargestellt. Die Gleichstrommaschine *M* weist einen Anker 1 mit vier Kollektorbürstenanschlüssen 2, 3, 4 und 5 auf. Mit den Bürstenanschlüssen 2 bzw. 3 sind Feldwicklungen 6 bzw. 7 verbunden. Diesen Feldwicklungen 6, 7 kann jeweils eine Kompensationswicklung in Reihe liegen (nicht dargestellt). Zwischen Feldwicklung 6 und Bürstenanschluß 2 bzw. zwischen Feldwicklung 7 und Bürstenanschluß 3 ist jeweils eine Wendepolwicklung 8 bzw. 9 geschaltet. Weitere Wendepolwicklungen 10 bzw. 11 sind mit den Bürstenanschlüssen 4 bzw. 5 verbunden.

An die Feldwicklungen 6 bzw. 7 sind Gleichstromsteller 12 bzw. 13 mit ihren Kathoden angeschlossen. Diese Gleichstromsteller 12, 13 sind elektronische Schalter, die mit Transistoren, abschaltbaren Thyristoren, zwangskommutierbaren Thyristoren oder mit sonstigen ein- und ausschaltbaren Halbleiterelementen realisiert werden können. Die Anoden der Gleichstromsteller 12, 13 sind am Pluspol 16 (= P) der Versorgungsspannung (eines Gleichspannungsnetzes) angeschlossen. Die Kathoden der Gleichstromsteller 12 bzw. 13 liegen über Freilaufdioden 14 bzw. 15 am Minuspol 17 (= N) der Versorgungsspannung, wobei die Freilaufdioden 14, 15 jeweils anodenseitig am Minuspol 17 angeschlossen sind. Der gemeinsame Verbindungspunkt von Feldwicklung 6/Gleichstromsteller 12/Freilaufdiode 14 ist als Teilanschluß 18 und der gemeinsame Verbindungspunkt von Feldwicklung 7/Gleichstromsteller 13/Freilaufdiode 15 ist als Teilanschluß 19 bezeichnet. Die Gleichstromsteller 12, 13 werden als Teilsteller um den Steuerwinkel  $2\pi/2$  versetzt angesteuert. Der über den Pluspol 16 fließende Strom ist mit *I* bezeichnet.

In Fig. 2 ist eine Ausführung mit zwangskommutierten Thyristoren dargestellt, wie sie bei höheren Leistungen oder bei Antrieben mit hohen Strömen und kleinen Betriebsspannungen Verwendung finden kann. Die Schaltung entspricht in ihrem Aufbau der Schaltung gemäß Fig. 1, wobei die Gleichstromsteller 12 bzw. 13 durch Hauptthyristoren 20 bzw. 21 realisiert sind, denen jeweils eine eigene Löscheinrichtung 22 bzw. 23 zur Löschung der Thyristoren parallel geschaltet ist. Die durch die Thyristoren 20 bzw. 21 fließenden Ströme kommutieren nach der Löschung auf die Freilaufdiode 14 bzw. 15.

Als Löscheinrichtungen 22, 23 können verschiedene Schaltungen eingesetzt werden. Eine für hohe Schaltfrequenzen geeignete Schaltung ist die Brückenschaltung mit vier Löschrückthyristoren (Löschrückenschaltung) nach der DE-PS 14 88 202 (Koppelman).

In Fig. 3 ist ein derartiger Gleichstromsteller mit Löschrückenschaltung dargestellt, bestehend aus einem Kommutierungskondensator 24 und vier Löschrückthyristoren 25, 26, 27 und 28. Für die eingezeichnete Kondensatorspannung *UC* müssen die Löschrückthyristoren 25 und 27 gezündet werden, um den Strom im Hauptthyristor 21 zu löschen. Wird jeder der beiden Hauptthyristoren 20, 21 mit einer derartigen Löschrückenschaltung

ausgestattet, so muß jede Löschrückenschaltung für den halben Gesamtstrom  $I/2$  ausgelegt werden.

In Fig. 4 ist eine Ausführung mit einem Zweipuls-Gleichstromsteller mit kombinierter Löscheinrichtung dargestellt. Die Schaltung entspricht in ihrem Aufbau der Schaltung gemäß Fig. 2, nur sind keine eigenen Löscheinrichtungen 22, 23 für die beiden Hauptthyristoren 20, 21 vorgesehen, sondern es wird nur eine unter Fig. 3 beschriebene Löschrückenschaltung für beide Hauptthyristoren 20, 21 eingesetzt. Dies ist möglich, da jeder Hauptthyristor 20, 21 als Teilsteller um den Steuerwinkel  $2\pi/2$  versetzt angesteuert und ebenfalls versetzt gelöscht wird. Dabei wird der Hauptthyristor 21 mit Hilfe der Löschrückthyristoren 25 und 27 bei der eingezeichneten Kondensatorspannung *UC* gelöscht. Der Kommutierungsstrom lädt den Kondensator um auf die Kondensatorspannung  $-UC$ . Mit dieser Kondensatorspannung kann durch Zünden der Löschrückthyristoren 26 und 28 ein Strom im Hauptthyristor 20 gelöscht werden. Im Kommutierungskondensator 24 und in den Löschrückthyristoren 25 bis 28 fließt nur der halbe Gesamtstrom  $I/2$  bei einem Löschimpuls. Zur Erfassung des Gesamtstromes *I* (Summenstrom) ist die gemeinsame Verbindung der freien Wicklungsenden der Wendepolwicklungen 10, 11 über einen Stromwandler mit dem Minuspol 17 verbunden. Vorteilhaft muß nur ein Summenstrom gemessen werden.

In einfachen fremderregten Gleichstrommaschinen, wie sie beispielsweise in Elektrostraßenfahrzeugen eingesetzt werden, wird vom Ankerstrom nur noch die Wendepolwicklung durchflossen. In Fig. 5 ist hierzu eine Ausführung mit einem Zweipuls-Gleichstromsteller für eine fremderregte Gleichstrommaschine für den Fahr- und Bremsbetrieb mit Feldumkehr dargestellt. Die Schaltung entspricht in ihrem Aufbau der Schaltung gemäß Fig. 4, nur sind keine Feldwicklungen 6, 7 zwischen den Hauptthyristoren 20, 21 und den Bürstenanschlüssen 2, 3 vorgesehen. Die gemeinsame Verbindung der Wendepolwicklungen 10, 11 liegt über einem Schützkontakt 29 am Minuspol 17 sowie über eine Diode 30 am Pluspol 16. Es ist eine Erregerwicklung 31 vorgesehen, die über eine eigene Erregerleinrichtung 32 gespeist wird.

Der Minuspol 17 wird im Fahrbetrieb *F* mit Hilfe des Schützkontaktes 29 mit den Wendepolwicklungen 10, 11 verbunden. Im Bremsbetrieb *B* leitet die Diode 30 den Strom zum Pluspol 16 der Versorgungsspannung. Der Schützkontakt 29 ist im Bremsbetrieb *B* geöffnet. Die Erregerleinrichtung 32 gibt je nach den Anforderungen wie Fahren, Bremsen oder Rückwärtsfahren die Stromrichtung in der Erregerwicklung 31 vor und kann die Erregerwicklung 31 gegebenenfalls auch schnell entregen. Eine derart fremderregte Gleichstrommaschine kann bei Feldumkehr mit gleichbleibender Ankerstromrichtung generatorisch betrieben werden. Der Generatorbetrieb kann dabei mit dem geringstmöglichen Schaltungsaufwand im Ankerkreis erreicht werden.

Allgemein können bei Gleichstrommaschinen mit der Polpaarzahl  $p = 2z$  ( $z = 1, 2, 3, \dots$ ) *z* Zweipulsstromsteller mit gemeinsamer Löscheinrichtung eingesetzt werden, wobei jeder Zweipulsstromsteller aus zwei Gleichstromstellern besteht. Bei Gleichstrommaschinen mit der Polpaarzahl  $p = 2z + 1$  können *z* Zweipulsstromsteller mit gemeinsamer Löscheinrichtung und ein Einpuls-Gleichstromsteller eingesetzt werden.

Wie vorstehend bereits erwähnt, können Gleichstrommaschinen unterschiedlichster Bauart verwendet werden. Bei Gleichstrom-Reihenschlußmaschinen wer-

den Anker-, Feld-, Wendepol- und, falls vorhanden, Kompensationswicklung vom gleichen Strom durchflossen. Bei fremderregten Gleichstrommaschinen und Gleichstrom-Nebenschlußmaschinen werden Anker-, Wendepol- und, falls vorhanden, Kompensationswicklung vom Ankerstrom durchflossen, während der Feldstrom vom Ankerstrom unabhängig ist. 5

Die notwendige Durchflutung eines Feldes kann mit wenigen Windungen erreicht werden, wenn jede Wicklung vom Gesamtstrom durchflossen wird. Dies führt zu 10 einer Reihenschaltung aller Wicklungen.

Werden die Wicklungen eines Systems dagegen parallel geschaltet, so wird jede Einzelwicklung nur von einem Teilstrom durchflossen. Mit einer höheren Windungszahl kann die notwendige Durchflutung wieder 15 erzielt werden. Der gesamte Wicklungsquerschnitt bleibt konstant. Dies gilt auch in erster Betrachtung für die elektrischen Daten der Maschine. Eine Parallelschaltung liegt insbesondere für den Ankerkreis vor. Durch 20 die Ankerwicklung und mit Hilfe der Kollektorbürsten werden alle  $2p$ -Teilsysteme parallel geschaltet.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

3717481

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 17 481  
H 02 P 7/29  
23. Mai 1987  
1. Dezember 1988

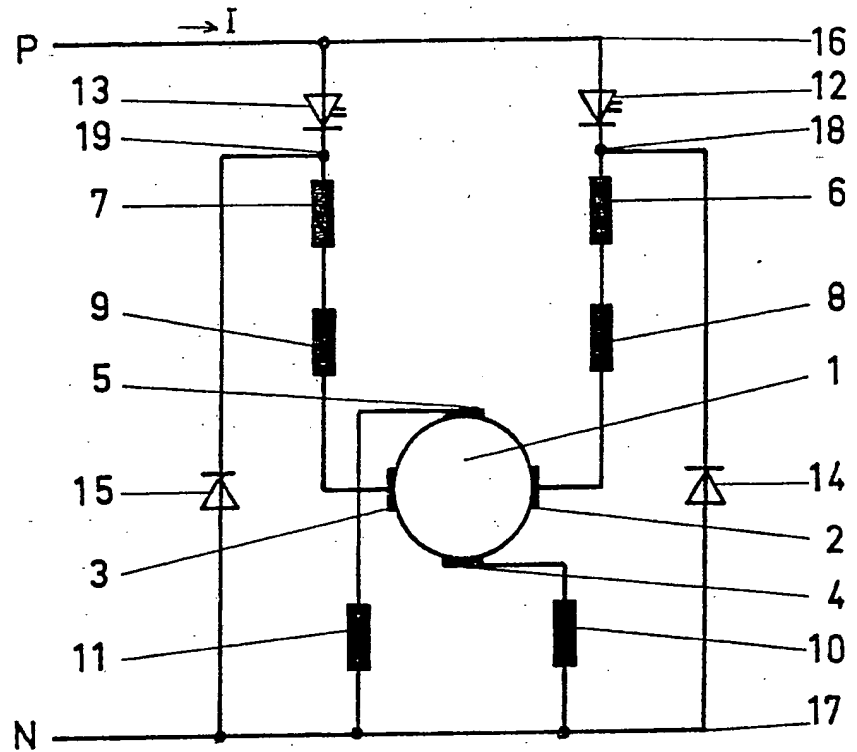
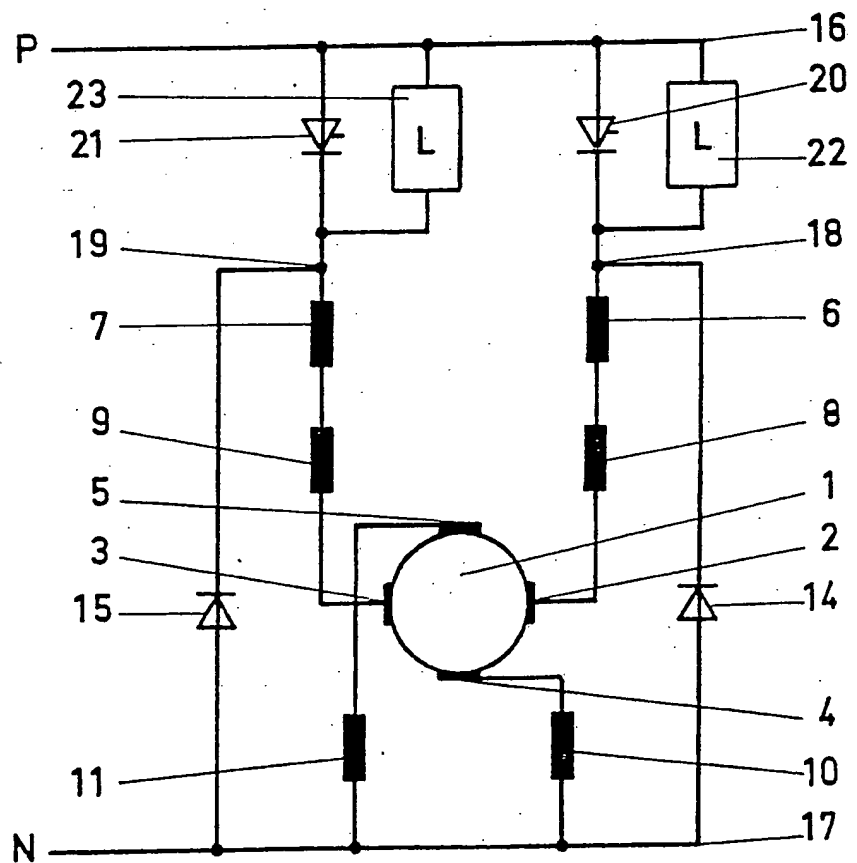


Fig1



3717481

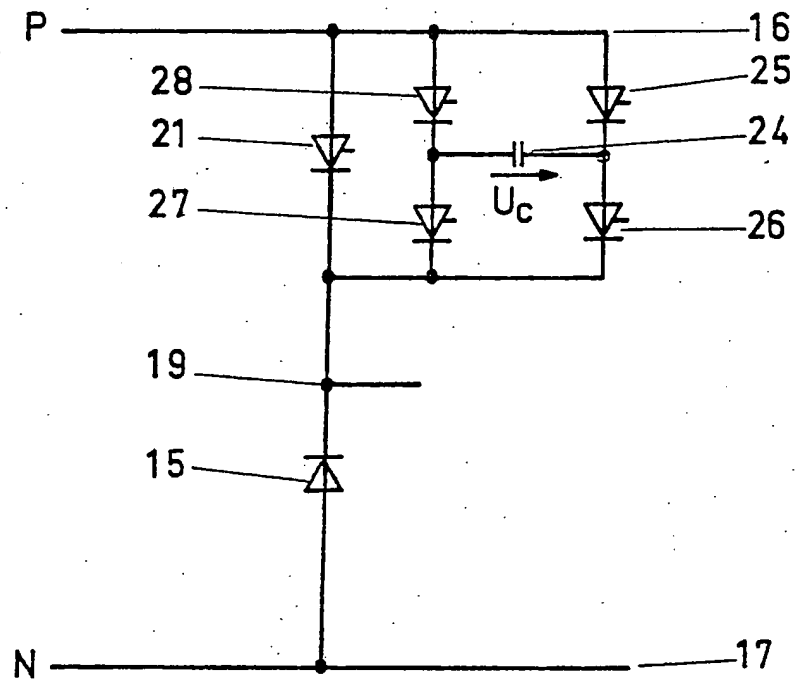


Fig 3

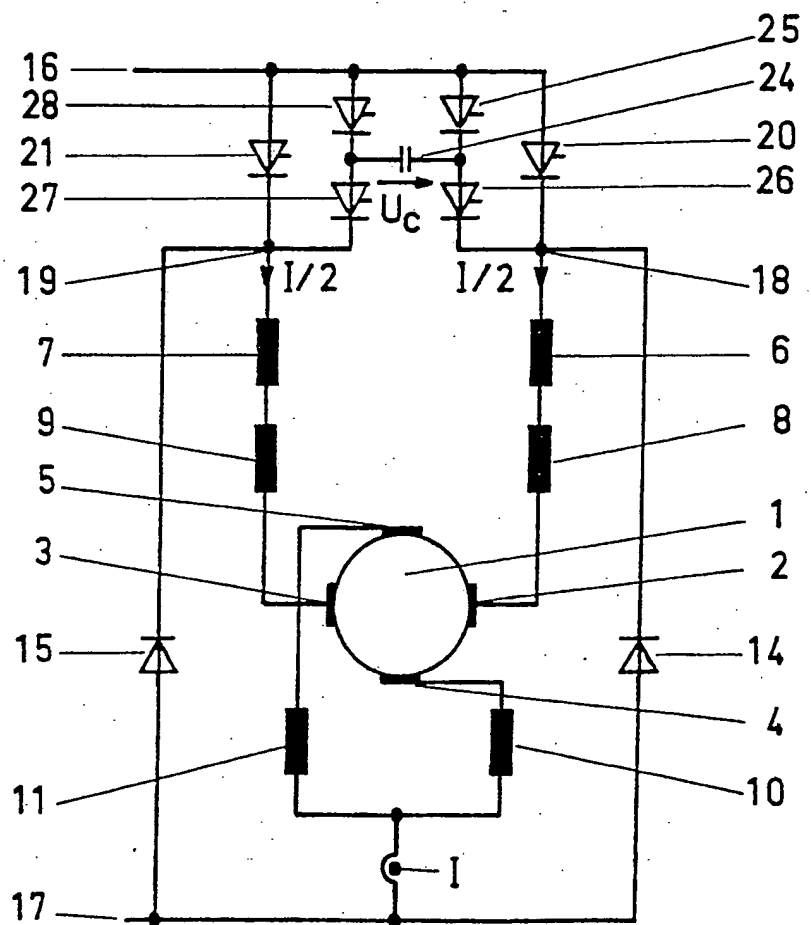


Fig 4

3717481

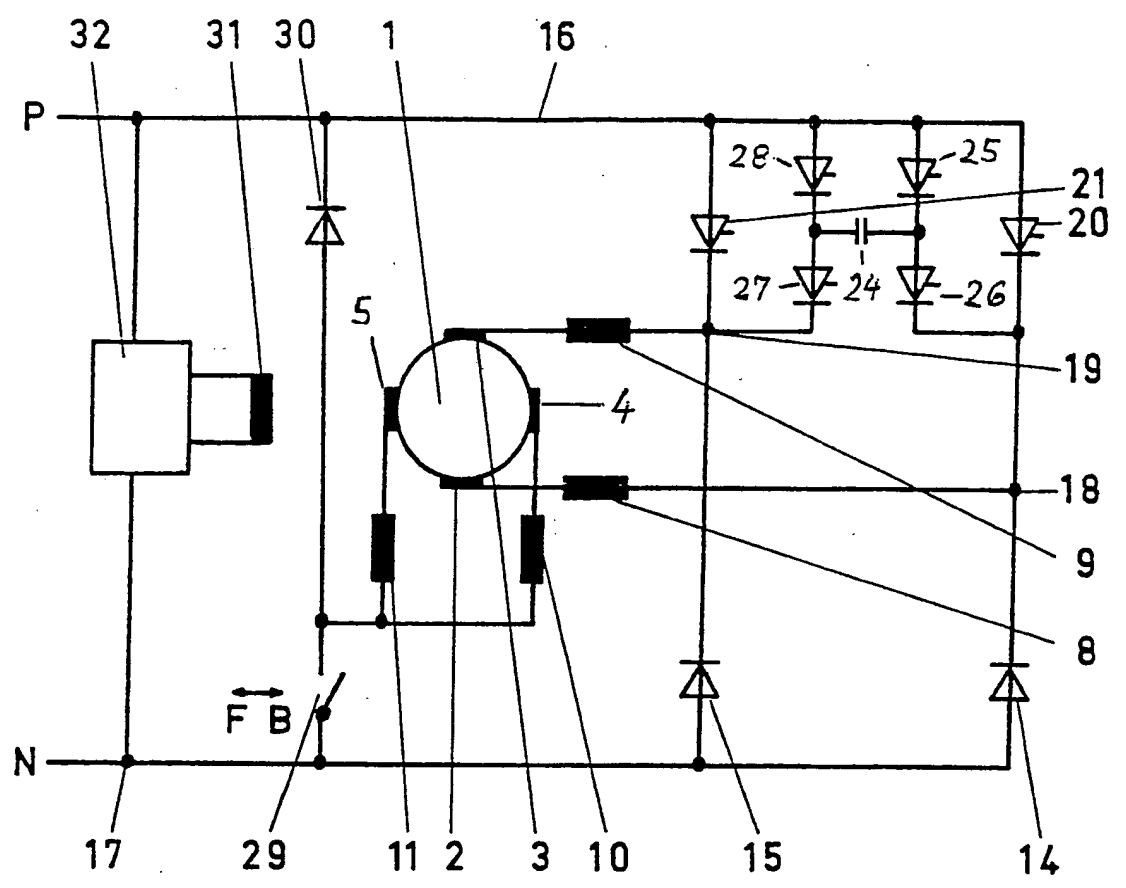


Fig 5